

Фактический отчет по НИР

1 Цель проекта

Требуется определить оптимальное признаковое описание в задаче декодирования сигналов коры головного мозга, так как исходное пространство избыточно, что приводит к неустойчивости модели. Для решения данной проблемы предлагается построить модель локальной аппроксимации сигнала, которая строит новое признаковое описание учитывающее пространственные зависимости в сигнале.

2 Подзадача

Определить пространство для исходного сигнала, удобное для детектирования распространения волнового фронта и при возможности определить форму волны для обоснования применения конкретного вида локально аппроксимирующих моделей.

3 Поиск пространства, в котором заметно возмущение при движении руки.

Была попытка увидеть распространение волнового фронта при рассмотрении исходного сигнала в небольшом промежутке времени по всем датчикам или его вейвлет преобразования или его спектрограммы (пространство: амплитуда, время, сенсоры или частота, время, сенсоры или отдельно по сенсорам частота, время, вейвлет или спектрограмма), но в итоге наблюдалась большая стохастика на графиках и заметить что-то было трудно. Поэтому было принято решение рассматривать промежутки времени поменьше. Ниже приводятся только самые интересные графики.

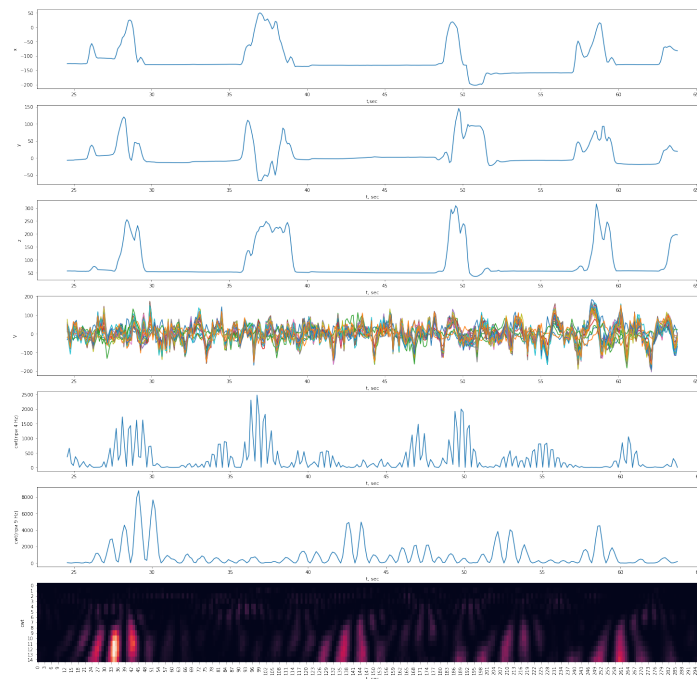


Рис. 1: Связь между движением руки и изменением вейвлет преобразования.

Из опыта прошлых лет по данной теме было выявлено, что сигнал становится похожим на движение волнового фронта после применения вейвлет-преобразования. Поэтому я решила посмотреть на связь движения руки и изменения вейвлет преобразования сигнала по графикам. Из графика лучше всего проглядывается связь между координатами движения руки и вейвлет преобразованием при частоте $4Hz$.

Вейвлет преобразование представляет собой свертку исследуемой функции с вейвлет функцией:

$$\phi(\tau, s) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \frac{1}{\sqrt{s}} \gamma\left(\frac{t-\tau}{s}\right) dt, \quad (1)$$

где τ и s - параметры переноса и размаха. Использовалась вейвлет функция Morlet, которая имеет вид:

$$\gamma_{\sigma}(t) = c_{\sigma} \pi^{-\frac{1}{4}} e^{-\frac{1}{2}t^2} (e^{i\sigma t} - \kappa_{\sigma}), \quad (2)$$

где κ_{σ} определяется из условия равенства нулю интеграла от вейвлет функции и равно $\kappa_{\sigma} = e^{-\frac{1}{2}\sigma^2}$, а $c_{\sigma} = (1 + e^{-\sigma^2} - 2e^{-\frac{3}{4}\sigma^2})^{-\frac{1}{2}}$.

В случае дискретных наборов $\{\tau_1, \dots, \tau_N\}$, $\{s_1, \dots, s_M\}$:

$$\phi_{mn} = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \frac{1}{\sqrt{s_m}} \gamma\left(\frac{t-\tau_n}{s_m}\right) dt, \quad (3)$$

Мною также исследовалось распространение сигнала после вейвлет преобразования по датчикам, установленным в коре головного мозга. Рассматривались короткие промежутки времени, в течении которых производилось одно поднятие руки. Например:

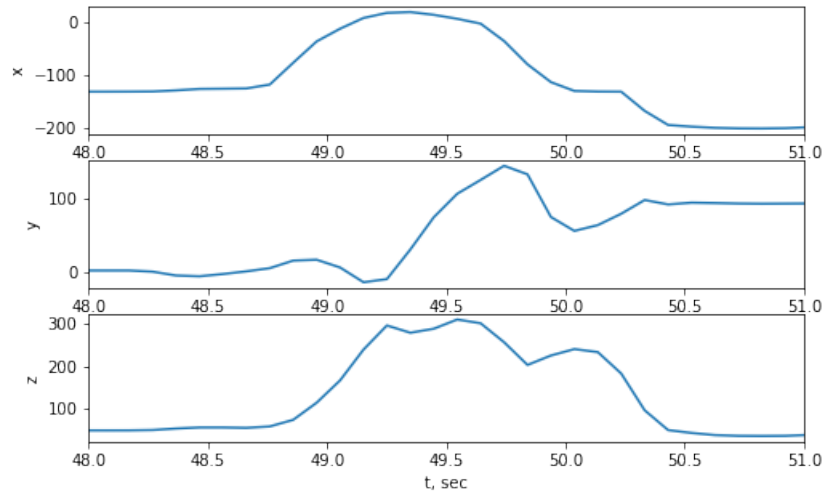


Рис. 2: Распространение сигнала после вейвлет преобразования.

Ниже приведено распространение сигнала в данном промежутке.

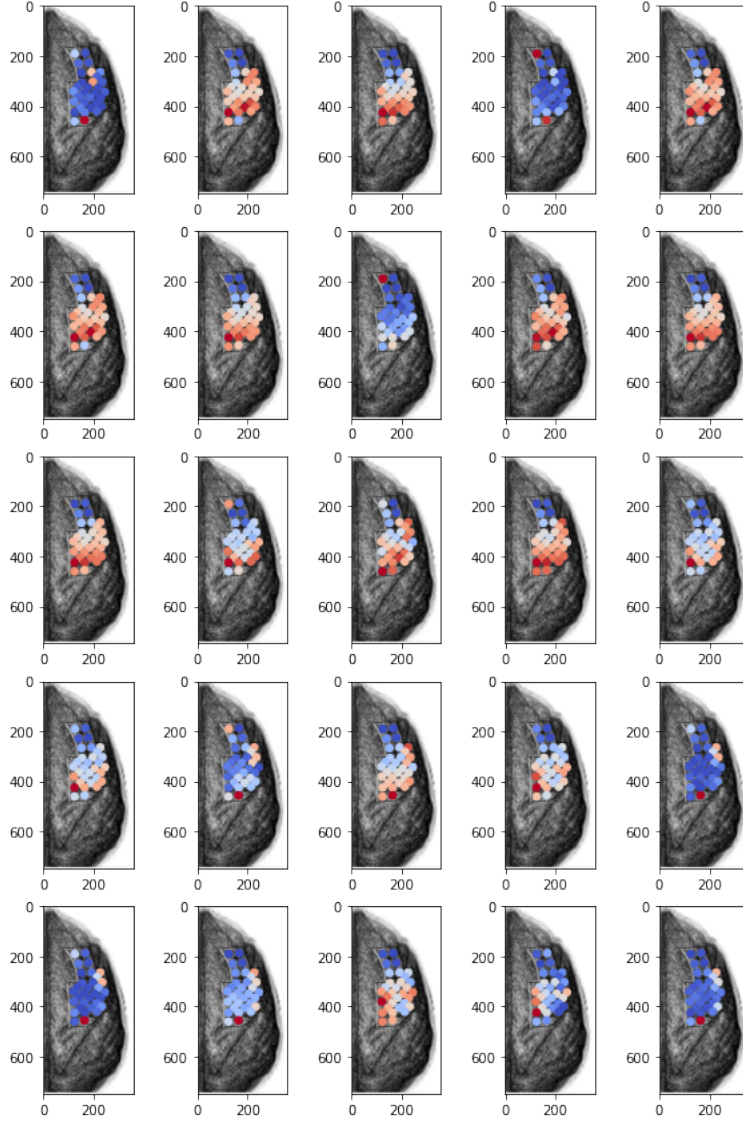


Рис. 3: Распространение сигнала после вейвлет преобразования.

Откуда видно усиление сигнала в определенных местах при приближении к пику подъема и его послабление после.

4 Аппроксимация сигнала

Тут я провела эксперимент по аппроксимации сигнала после вейвлет преобразования локальной моделью на основе функции Гаусса и оценила точность такой аппроксимации.

Локальная модель:

$$g(\xi, A, \mu, \Sigma) = A \exp(-\frac{1}{2}(\xi - \mu)^T \Sigma^{-1}(\xi - \mu)), \quad (4)$$

где $\mu = \frac{\sum_{j=1}^n \mathbf{x}_j \mathbf{z}_j}{\sum_{j=1}^n \mathbf{x}_j}$, $\Sigma = \frac{1}{n} \bar{\mathbf{Z}}^T \text{diag}(\mathbf{x}) \bar{\mathbf{Z}}$, $\bar{\mathbf{Z}} = \{\mathbf{z}_j - \mu, j \in \{1, \dots, n\}\}$

Была оценена точность такой аппроксимации как корреляция исходного сигнала и восстановленного аппроксимирующей моделью:

$$r(s(t), \hat{s}(t)) = \frac{1}{T} \sum_{j=1}^T \frac{(s(t_j) - \mu_s)(\hat{s}(t) - \mu_{\hat{s}})}{\sigma_s \sigma_{\hat{s}}} \quad (5)$$

Полученные значения корреляции:

$$\begin{aligned} Pearson &= 0.88 \\ Spearman &= 0.72 \end{aligned} \tag{6}$$

5 Выводы

Проведено дополнительное исследование распространения сигнала после вейвлет преобразования при движении руки, выявлена их визуальная связь. Проанализировано распространение величины сигнала по электродам из датчика. Проведен эксперимент с аппроксимацией сигнала с помощью функции Гаусса и оценена точность такой аппроксимации. Планирую даньше заняться корректной математической постановкой и теоретическим обоснованием, в частности, локальной модели, продолжить эксперименты.